

Kapasitas Grup Pondasi Tiang Berdasarkan NSPT Pada Abutment Jembatan

Encu Sutarman

Fakultas Teknik, Program Studi Sipil
Universitas Langlangbuana
Jl. Karapitan 116, Bandung
e.sutarmancivil@gmail.com

Abstrak— Kegagalan bangunan jembatan, mulai dari penurunan & kerusakan oprit, pergeseran & keruntuhan abutmen, pilar, retak dan runtuhnya lantai jembatan dll. Daya dukung ijin abutment memenuhi kapasitas yang diijinkan terhadap beban luar serta *settlement* dari *abutment* memenuhi yang disyaratkan.

Kajian ini antara lain: daya dukung pondasi, spasi antar pondasi, hubungan kapasitas ijin pondasi tunggal terhadap kapasitas ijin group pondasi, efisiensi group dengan faktor keamanan yang disyaratkan serta *settlement* yang diijinkan terhadap beban rencana.

Data berdasarkan proyek ruas jalan Hantar Jatigede Sumedang yang merupakan pekerjaan PLTA Jawa Barat Tahun 2013. Pengambilan tanah asli (*undisturbed*) dengan cara melakukan pemboran di titik lokasi rencana pondasi akan ditempatkan, kedalaman pengambilan tanah (*sampling*) disesuaikan terhadap daya dukung tanah yang didapat dari *standard penetration test* (SPT). Pengambilan contoh tanah tidak terganggu (*Undisturbed Sample*) serta pengambilan contoh tanah terganggu (*Disturb Sample*) sesuai tujuan dan kegunaannya. Data – data tersebut antara lain ; Sifat fisis dan mekanis tanah *undisturbed* serta NSPT dari Lokasi BW 01 *under bridge abutment* Jl. Hantar PLTA Jatigede.

Analisa daya dukung pondasi berdasarkan SPT metode *Meyerhof*, 1976. Hasil analisa bahwa pondasi tiang pancang maupun bor pile memberikan daya dukung yang lebih besar dibandingkan dengan beban rencana. *Settlement* akibat beban luar lebih kecil dari *settlement* yang diijinkan.

Mengingat begitu pentingnya data parameter tanah yang menjadi dasar perhitungan tentunya data tersebut harus dihasilkan dengan kondisi actual serta metode yang benar.

Kata kunci— *Soil test, parameter tanah, metode analisis, empiris, driven pile, drilled pile, pile group, end bearing capacity, friction capacity, ultimate capacity, safety factor, allowable capacity, settlement.*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Dan Permasalahan

Kegagalan bangunan jembatan, berupa penurunan, pergeseran & keruntuhan abutment dan pilar disebabkan oleh beban berlebih, gerusan air, gempa, longsor serta daya dukung tanah di daerah abutment dan pilar tidak memenuhi.

Tanah terbebani jika konstruksi didirikan dan jika tanah tidak tahan akibat tekanan vertical akibat konstruksi akan menyebabkan penurunan (*settlement*), hal ini menyebabkan ketidakstabilan konstruksi setelah pondasi tersebut menerima beban konstruksi. Tentunya perlu perencanaan teknik pondasi

yang baik serta penting untuk mengetahui kapasitas atau daya dukung ijin tanah, beban yang tersalurkan pondasi ketanah itu sehubungan dengan beban rencana yang akan bekerja. Jika tidak, maka hal ini menyebabkan ketidakstabilan yang akan membahayakan pengguna konstruksi serta masyarakat sekitar.

Apakah daya dukung pondasi abutment memenuhi kapasitas ijin terhadap beban luar serta *settlement* dari pondasi memenuhi yang diijinkan ?

B. Maksud Kajian

Maksud kajian ini yaitu untuk mendapatkan suatu informasi mengenai apa yang menjadi permasalahan diatas tentang :

- Daya dukung ijin pondasi tunggal.
- Daya dukung ijin pile group dengan jarak spasi maksimal.
- Settlement* yang diijinkan serta *settlement* akibat beban luar.

C. Tujuan Kajian

Kajian ini untuk dapat menentukan suatu desain pondasi itu sesuai parameter tanah serta beban maksimum rencana serta bertujuan untuk mengetahui factor yang berpengaruh terhadap daya dukung tanah yang diijinkan.

II. LANDASAN TEORI

A. Uji Penetrasi Standard (SPT)

Uji penetrasi standard (SPT) mulai dikembangkan tahun 1927 yang merupakan sarana untuk mendapatkan informasi dari lapisan bawah permukaan tanah, metode ini tidak hanya populer juga ekonomis.

Cara ini telah dibakukan sebagai ASTM (American Standard for Testing and Materials) D 1586 sejak tahun 1958 sampai sekarang.

Pengujian SPT terdiri dari :

- Pemancangan alat pengambil contoh tanah berupa selinder belah standard atau tabung split spoon.
- Perhitungan banyaknya pukulan untuk memasukan tabung split spoon sepanjang 30,5 cm (12 inci \approx 1 ft) yang terakhir untuk bilangan N SPT.
- Dengan menggunakan massa palu/ hammer 140 lbs (63,5 kg) yang jatuh bebas dari ketinggian 30 inc (76 cm)

Yang dimaksud tabung split spoon yaitu sebuah tabung berdiameter luar 2 inc (5,08 cm) dan berdiameter dalam 1,5 inc (3,81cm), panjang 18 inc – 30 inc (45,7 cm – 76,2 cm).

Pipa bor yang dipakai untuk menyambung penumbuk ke split spoon di dalam tanah adalah pipa A berdiameter 1 3/8 inc (4,12 cm) dan diameter dalam 9/8 inc (2,85 cm) atau yang lebih besar.

Definisi dari NSPT yaitu jumlah tumbukan yang diperlukan untuk memasukan tabung split spoon baku ke dalam tanah sedalam 1 foot atau 30 cm, setelah masuk sedalam 15 cm atau 1/2 ft pertama disebut nilai N atau NSPT. Uji ini dilakukan bersama – sama dengan boring.

Hasil SPT dari berbagai kedalaman dari satu lobang bor dapat digambarkan grafik SPT terhadap kedalaman yang biasanya bersatu dengan bor log. Hasil SPT dapat dipakai sebagai analisis pendahuluan, perbandingan analisis dari hasil lab tanah asli, dapat memperkirakan parameter tanah asli hasil uji lab.

Para peneliti geoteknik telah banyak membuat korelasi SPT dengan: uji lapangan lainnya, berbagai sifat tanah seperti dengan jenis tanah serta konsistensinya, kuat geser tanah, parameter konsolidasi, relatif density pasir, daya dukung pondasi, dan lain-lain.

Seperti yang ditunjukkan Tabel 1, yang mana nilai dari NSPT dapat untuk menentukan modulus elastisitas tanah atau modulus tegangan – regangan Es.

TABEL 1. PERSAMAAN UNTUK MENDAPATKAN NILAI MODULUS TEGANGAN – REGANGAN ES

Jenis tanah	SPT
Pasir normally consolidated	Es = 500 (N + 15) Es = 1500 ln N to 2200 ln N
Pasir over consolidated	†Es = 18000 + 750 N Es(OCR) = Es(NC) (OCR) 0,5
Pasir jenuh	Es = 250 (N + 15)
Pasir berkerikil dan kerikil	Es = 1200 (N + 6)
	Es = 600 (N + 6) jika N ≤ 15 Es = 600 (N + 6) + 2000 Jika N > 15
Pasir berlempung	Es = 320 (N + 15)
Pasir berlanau	Es = 300 (N + 6)
Lempung lunak	

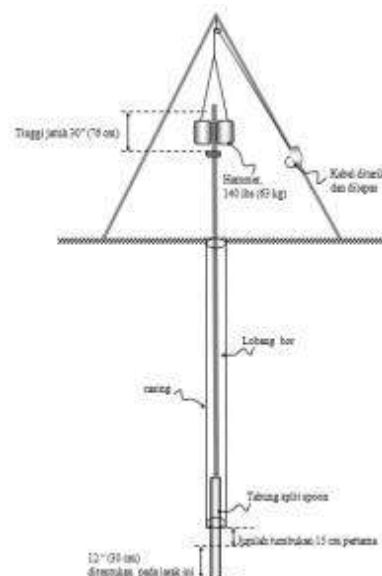
*Es = (1 + Dr2) qc : persamaan Vesic, 1970.

†Es = 18000 + 750 N : persamaan D' Appolonia dkk, 1970

Pengujian dihentikan bila;

- Diperlukan 50 kali pukulan untuk setiap penambahan kedalaman 15 cm.
- Telah tercapai 100 kali pukulan.
- 10 kali pukulan berturut tidak menunjukkan kemajuan.

Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 1 :



Gambar 1. Uji penetrasi standard (SPT)

B. Daya Dukung Pondasi Berdasarkan Uji Penetrasi Standard Meyerhof Method's, 1976

1. End Bearing Capacity

Daya dukung batas (ultimate) ujung pondasi tiang untuk pondasi tiang pancang (driven pile) Qp dalam tons berdasarkan data SPT atau NSPT dinyatakan oleh persamaan:

Untuk tanah pasir:

$$Q_p = \frac{0,4N'}{B} D_f A_p \leq 4N' A_p$$

Untuk tanah silt ;

$$Q_p = \frac{0,4N'}{B} D_f A_p \leq 3N' A_p$$

$$N' = C_N N_{av}$$

$$C_N = 0,77 \log \frac{20}{\sigma'_v}$$

Syarat $\sigma'_v \geq 0,25 \text{ tsf}$ (tsf = ton/ft²)

Yang mana:

Qp : Daya dukung batas ujung pondasi tiang dalam tons.

N' : NSPT rata – rata terkoreksi.

B : diameter tiang pondasi.

Df : panjang pondasi

Ap : luas penampang ujung pondasi.

CN : koef koreksi, rekomendasi Peck et al (1974).

Nav : NSPT rata – rata.

σ'v : tekanan efektif vertical in tsf

Persamaan di atas dapat digunakan untuk data DCPT rekomendasi Canadian Foundation Engineering Manual, 1985.

2. Friction Capacity (Meyerhof 1976, 1982)

Daya dukung batas (ultimate) keliling tiang pondasi untuk pondasi tiang pancang (driven pile) Q_f dalam tons berdasarkan data SPT atau NSPT dinyatakan oleh persamaan:

$$Q_f = f_s p L$$

$$f_s = N'/50 \leq 1 \text{ tsf}$$

Yang mana:

Q_f : Daya dukung batas keliling tiang pondasi, dalam tons.

N' : NSPT rata – rata terkoreksi.

p : keliling tiang pondasi

L : panjang pondasi

3. Daya Dukung Ijin Pondasi atau Q_{all}

Daya dukung ijin pondasi merupakan daya dukung pondasi atau lebih tepatnya daya dukung dari tanah terhadap beban rencana yang disalurkan melalui pondasi setelah memasukan faktor keamanan (SF).

Daya dukung batas pondasi atau Q_{ult}

$$Q_{ult} = Q_p + Q_f$$

Daya dukung ijin pondasi atau Q_{all}

$$Q_{all} = Q_{ult} / SF$$

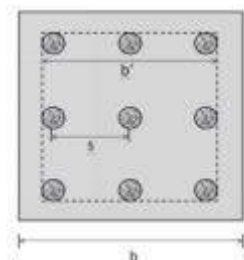
4. Daya Dukung Pondasi Group Berdasarkan Analisa Group.

$$(Q_{vG})_{ult} = c_u N_c (b')^2 + 4c_u b' l_e$$

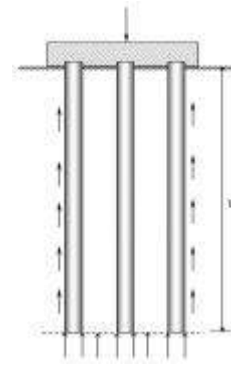
5. Daya Dukung Pondasi Group Berdasarkan Analisa Tiang Tunggal.

$$(Q_{vG})_{ult} = G_e n Q_{vult}$$

Perhatikan Gambar 2 dan Gambar 3 di bawah ini:



Gambar 2. Denah Group Pondasi



Gambar 3. Skema Group Pondasi

Yang mana:

$(Q_{vG})_{ult}$: daya dukung batas group pondasi berdasarkan beban vertical.

c_u : kuat geser tanah cohesive.

N_c : paktor daya dukung.

G_e : effisiensi group.

b' : jarak luar antar pondasi.

l_e : panjang efektif pondasi.

s : jarak antar center pondasi

B : diameter pondasi.

b : panjang pile cap.

n : jumlah pondasi satu group.

Dalam hal perhitungan daya dukung pondasi group dengan perhitungan daya dukung pondasi tunggal di tanah cohesive harus dikalikan dengan jumlah pondasi yang ada dalam satu group serta dikalikan dengan faktor effisiensi group.

Faktor effisiensi group G_e diperlihatkan oleh Tabel 2.

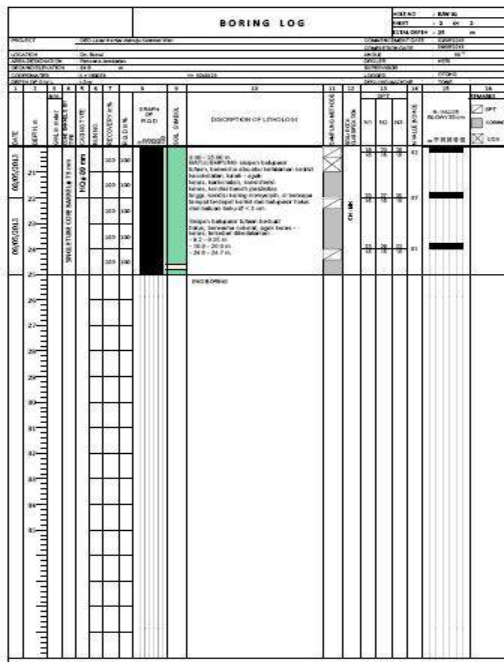
TABEL 2. FAKTOR EFFISIENSI GROUP G_e

Pile spacing (s)	3B	4B	5B	6B	8B
Effisiensi Group	0,7	0,75	0,85	0,9	1,0

C. Metodologi Penelitian dan Parameter Tanah

Bahan untuk dikaji dan diketahui antara lain :

1. Sifat – sifat fisis, konsistensi serta parameter kuat geser tanah.
2. Sistem instalasi, dimensi pondasi.



Gambar 6. Bor log NSPT BW 01 Jl. Hantar PLTA Jatigede

Gambar 7 dibawah ini merupakan jenis lapisan tanah di lokasi pelaksanaan SPT.



Gambar 7. Jenis Lapisan Tanah BW 01 Jl. Hantar PLTA Jatigede

TABEL 3. N SPT

Lokasi: BW 01 Jl. Hantar PLTA Jatigede

Depth (m)	N SPT
0	0
2	50
4	50
6	50
8	40
10	50
12	50
14	49
16	49
18	51
20	52
22	57
24	61

Berdasarkan hasil test di Laboratorium meknan ditunjukkan pada Tabel 4

TABEL 4. SIFAT FISIS DAN MEKANIS TANAH

Lokasi : BW 01 Jl. Hantar PLTA Jatigede

Depth : 20,45 – 20,95 m

Jenis Parameter	Notasi	Satuan	Besar Parameter
Wet density	γ	T/m ³	1,90
Kadar air	w	%	30,38
Dry density	γ_d	T/m ³	1,458
Void ratio	e	-	0,83
Porositas	n	-	0,45
Berat jenis	G_s	-	2,67
Derajat kejenuhan	S_r	%	97,41
Batas cair	L_L	%	61,91
Batas Plastis	P_L	%	28,62
Indeks Plastisitas	IP	%	33,29
Unconfined	qu	Kg/cm ²	1,224
Compression	cu	Kg/cm ²	0,612
	qu'	Kg/cm ²	0,732
Tnaxial UU	c	kg/cm ²	0,682
	ϕ	°	18,97
Consolidasi Test	c_v	cm ² /detik	$5,959 \cdot 10^{-4}$
	c_c		0,2073
Grain size	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
	1,02	78,39	20,59

TABEL 5. SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULT

Lokasi : Jl. Hantar PLTA Jatigede

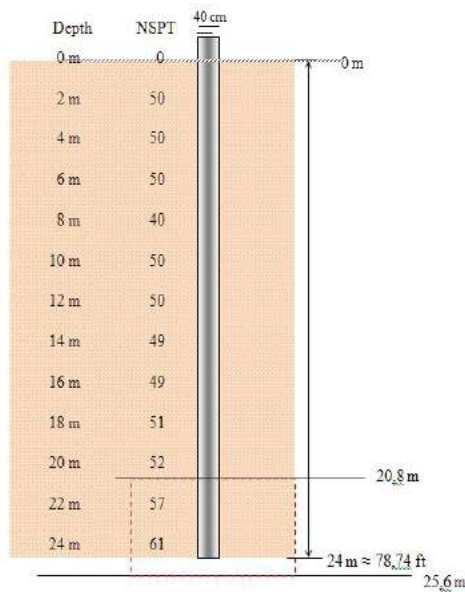
POLITEKNIK NEGERI BANDUNG - CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT																	
SOIL TESTING LABORATORY																	
Project : Perencanaan Jalin Hantar di PLTA Jatigede																	
Location : Jatigede																	
Area Designation : Jalin Hantar																	
Summary of Laboratory Test Result																	
No. Sample	Soil	Soil	Soil	Soil	Soil	Soil	Soil	Soil	Soil	Soil	Soil	Soil	Soil	Soil	Soil	Soil	
Depth	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8	10.9	11.0	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6	
Index Properties																	
1. Density	T	1768	1852	1797	1861	1710	1838	1858									1.88
2. Water content	w	30.37	31.52	29.47	30.39	40.80	34.89	39.95									30.93
3. Specific gravity	Gs	2.65	2.65	2.65	2.67	2.65	2.65	2.67									2.68
Dry Density	γd	1.37	1.41	1.38	1.46	1.23	1.38	1.43									1.43
Void ratio	e	0.89	0.89	0.83	0.83	1.13	0.99	0.89									0.79
Porosity	n	0.49	0.47	0.48	0.48	0.55	0.49	0.48									0.44
Shrinkage ratio	SR	0.91	0.92	0.90	0.91	0.90	0.92	0.92									0.92
Plastic limit	PL	34.38	35.20	33.77	34.82	36.76	32.34	34.71									31.33
Liquid limit	LL	47.68	51.65	50.14	51.61	58.82	53.28	59.05									53.87
Plasticity index	PI	13.30	16.45	16.37	16.79	22.06	20.94	14.74									22.54
UCS	CU	80	80	80	80	80	80	80									80
Grain size	G	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075									0.075
Grain size	S	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075									0.075
Grain size	M	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075									0.075
Grain size	C	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075									0.075
Engineering properties																	
1. Swell	Sw	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									0.00
2. Compression Test	σ _v	1.045	1.489	0.732	0.116	0.051	0.003										0.003
3. Shear Test	τ	1.413	1.919	1.072	0.308	0.142	0.02										0.02
4. Triaxial Test	σ ₁	0.738	0.989	0.512	0.08	0.035	0.004										0.004
5. Shear Test	σ ₁	0.892	1.178	0.602	0.170	0.055	0.005										0.005
6. Shear Test	σ ₁	0.892	1.178	0.602	0.170	0.055	0.005										0.005
7. Consolidation Test	σ _v	0.188	0.444	0.162	0.037	0.014	0.007										0.007
8. Consolidation Test	σ _v	0.188	0.444	0.162	0.037	0.014	0.007										0.007

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Daya Dukung Pondasi Tunggal Berdasarkan Uji Penetrasi Standard (SPT) Meyerhof Method's, 1976

Ujung tertutup (closed ended). Bahan pondasi terbuat dari beton. Pondasi menembus lapisan silt

Pondasi tiang berdasarkan insvestigasi lapangan ditunjukkan oleh Gambar 1.4:



Gambar 8. Dimensi pondasi tiang dan data SPT

End Bearing Capacity Pondasi Tiang Pancang

Daya dukung batas (ultimate) ujung pondasi tiang untuk pondasi tiang pancang (driven pile) Q_p dalam tons berdasarkan data SPT atau N_{SPT} dinyatakan oleh persamaan tanah silt:

Tegangan efektif

h (m)	h (ft)	γ' Lbs/ft ³	Lbs/ft ²	Ton/ft ²	kN/m ²
23.00	75.46	56.09	4232.63	1.92	428.47

Dikedalaman 0,5 m – 1 m

Dry density $\gamma = 1,372 \text{ T/m}^3$

Kadar air = 30,37 %

GWT 1 m dari permukaan

Jadi teg eff = 2,05 Tsf

factor koreksi :

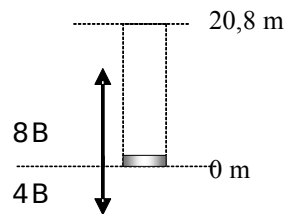
$$C_N = 0,77 \log \frac{20}{\sigma'_v} = 0,77 \log \frac{20}{2,05} = 0.76$$

$$\text{Syarat } \sigma'_v \geq 0,25 \text{ tsf} \quad (\text{tsf} = \text{ton/ft}^2)$$

$N_{rata-rata}$ (N_{av}) untuk end bearing capacity

Untuk menentukan $N_{rata-rata}$ tentukan N pada jarak 8B keatas dan 4B kebawah dari ujung

pondasi (pile tip).



Ujung pondasi berada dikedalaman 197 ft, untuk N_{av} gunakan di kedalaman; $L - 8 B$ sampai $L + 4B$ antara 20,8 m sd 25,6 m

N_{av} yang diperhitungkan dalam rentang 68,244 ft – 83,99 ft. atau 20,8 m – 25,6 ft

$$N_{av} = (52 + 57 + 61)/3 = 56,7$$

$$N^* = C_N N_{av} = 0,76 (56,7) = 43$$

$$A_p = \pi B^2 / 4 = 3,14 \cdot 1,312^2 / 4 = 1,35 \text{ ft}^2$$

$$Q_{p1} = 1393,55 \text{ Ton}$$

$$Q_{p2} = 174,15 \text{ Ton}$$

$$Q_{p1} > Q_{p2}$$

gunakan dalam hal ini $Q_{p2} = 174,15 \text{ Ton}$

Sedangkan End Bearing Capacity pondasi bor.

$$Q_{pb} = (1/3) 174,15 \text{ Ton} = 58.05 \text{ Ton}$$

Friction Capacity Pondasi Tiang Pancang

Pondasi untuk pondasi tiang pancang (driven pile) Q_f dalam tons berdasarkan data SPT;

$$f_s = N^*/50 \leq 1 \text{ tsf}$$

factor koreksi ;

$$C_N = 0,0993$$

$N_{rata-rata}$ (N_{av}) untuk Friction Capacity

N_{av} merupakan besar N sepanjang tiang dibagi jumlah N

$$N_{av} = \sum N/n = 609/12 = 50,75 \approx 51$$

$$N' = C_N N_{av} = 0,933 (51)$$

$$= 47,58 \text{ (ambil } N' = 48)$$

$$p = \pi B = 3,14 \cdot 1,312 = 4,12 \text{ ft}$$

$$f_s = N'/50 \leq 1 \text{ tsf} \quad ***$$

syarat

$$f_s = N'/50 = 48/50 = 0,96 \text{ tsf}$$

$$Q_f = f_s p L = 0,96 \cdot 4,12 \cdot 78,74 = 311,43 \text{ Ton}$$

Sedangkan Friction Capacity Pondasi Bor.

$$Q_{fb} = (1/2) 311,43 \text{ Ton} = 155,715 \text{ Ton}$$

Daya Dukung Batas Pondasi Tiang

1. Daya dukung batas/ ultimate pondasi atau Q_{ult} pondasi tiang pancang;

$$Q_{ult} = Q_p + Q_f = 485,58 \text{ Ton}$$

2. Daya dukung batas/ ultimate pondasi atau Q_{ult} pondasi bor pile;

$$Q_{ult} = Q_p + Q_f = 213,765 \text{ Ton}$$

3. Daya dukung ijin pondasi tiang pancang (allowable) atau Q_{all}

$$SF = 3 \text{ maka } Q_{all} = Q_{ult} / SF = 162 \text{ Ton}$$

4. Daya dukung ijin pondasi pondasi bor pile (allowable) atau Q_{all}

$$SF = 3 \text{ maka } Q_{all} = Q_{ult} / SF = 71 \text{ Ton}$$

B. Daya Dukung Group Pondasi Tiang Pancang

1. Daya dukung batas/ ultimate pondasi group tiang pancang atau $Q_{ult G}$

2. Daya dukung batas/ ultimate pondasi pondasi bor pile atau Q_{ult}

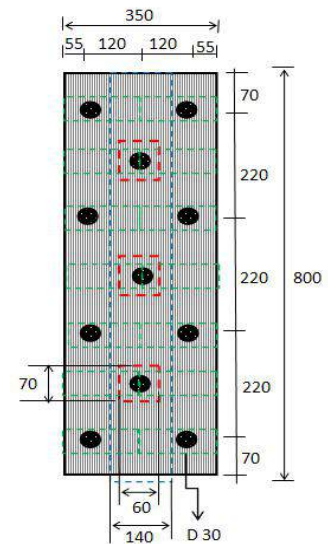
$$\begin{aligned} (Q_{vG})_{ult} &= G_e n Q_{v ult} \\ &= 0,9 \cdot 11 \cdot 213,765 \text{ Ton} \\ &= 2116,27 \text{ Ton} \end{aligned}$$

3. Daya dukung ijin pondasi tiang pancang group atau Q_{ult} , $SF = 3$

$$Q_{G all} = 1602,4 \text{ Ton}$$

4. Daya dukung ijin pondasi group pondasi bor Q_{ult} , $SF = 3$

$$Q_{G all} = 705,42 \text{ Ton}$$



Gambar 9. Configurası Group Pondasi

Dalam hal perhitungan daya dukung pondasi group dengan perhitungan daya dukung pondasi tunggal di tanah cohesive harus dikalikan dengan jumlah pondasi yang ada dalam satu group serta dikalikan dengan faktor efisiensi group. Faktor efisiensi group G_e

Pile spacing (s) : 2,4 m = 6B

Effisiensi Group (G_e) = 0,9

Jumlah pondasi dalam satu group

$$(n) = 11$$

$$\begin{aligned} (Q_{vG})_{ult} &= G_e n Q_{v ult} \\ &= 0,9 \cdot 11 \cdot 485,58 \text{ Ton} = 4807 \text{ Ton.} \end{aligned}$$

Settlement Pondasi Tiang Tunggal

1. Settlement pondasi tiang pancang tunggal yang diijinkan

S_{all}

Modulus elastisitas beton

$$E_b = 3,6 \cdot 10^6 \text{ psi}$$

$$Q_{all} = 162 \text{ Ton} = 356907 \text{ lbs}$$

$$B = 0.40 \text{ m} = 15,748 \text{ inc}$$

$$L_e = 24 \text{ m} \approx 945 \text{ inc}$$

$$A_p = 194,7 \text{ inc}^2$$

Penurunan ijin pondasi berdasarkan metoda empiris (Vesic 1970), S_{all} ;

$$S_{all} = 0,64 \text{ inc} \approx 1,62 \text{ cm}$$

2. Settlement pondasi bor tunggal yang diijinkan S_{all}

Modulus elastisitas beton

$$E_b = 3,6 \cdot 10^6 \text{ psi}$$

$$Q_{all} = 71 \text{ Ton} = 156984 \text{ lbs}$$

$$B = 0.40 \text{ m} = 15,748 \text{ inc}$$

$$L_e = 24 \text{ m} \approx 945 \text{ inc}$$

$$A_p = 194,7 \text{ inc}^2$$

Penurunan ijin pondasi berdasarkan metoda empiris (Vesic 1970), S_{all} ;

$$S_{all} = 0,94 \text{ cm}$$

3. Settlement single pile akibat beban luar

$$N = 31,273 \text{ Ton} \approx 68.898,5 \text{ Lbs}$$

$$S = 0,25 \text{ inc} \approx 0,63 \text{ cm}$$

Settlement Group Pondasi Tiang

1. Settlement group pondasi tiang pancang

$S_{all G}$

$$S_{all G} = S_{all} (b'/B)^{0,5}$$

$$b' = 7\text{m} \approx 275,6 \text{ inc}$$

$$B = 0.40 \text{ m} = 15,748 \text{ inc}$$

b' = jarak luar antar pondasi

Maka settlement;

$$S_{all G} = S_{all} (b'/B)^{0,5}$$

$$= 0,64 (275,6 / 15,748)^{0,5}$$

$$= 2,68 \text{ inc} \approx 6,81 \text{ cm}$$

2. Settlement group pondasi bor yang diijinkan

$S_{all G}$

$$S_{all G} = S_{all} (b'/B)^{0,5}$$

$$b' = 7\text{m} \approx 275,6 \text{ inc}$$

$$B = 0.40 \text{ m} = 15,748 \text{ inc}$$

maka settlement pile group;

$$S_{all G} = S_{all} (b'/B)^{0,5}$$

$$= 0.369 (275,6 / 15,748)^{0,5}$$

$$= 1.54 \text{ inc} \approx 3.92 \text{ cm}$$

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Pondasi Tiang Pancang, $SF = 3$

1. Daya dukung pondasi tiang Pancang tunggal lebih besar dari beban rencana ;
 $Q_{all} > N = 162 \text{ Ton} > 31,273 \text{ Ton}$
2. Daya dukung ijin group pondasi tiang pancang lebih besar dari beban luar group;
 $Q_{all G} > 3N \text{ --- } 1602,4 \text{ Ton} > 93,82 \text{ Ton}$
3. Settlement pondasi tiang pancang akibat beban luar pondasi tiang tunggal lebih kecil dari Settlement ijin pondasi tiang tunggal;
 $S < S_{all} \text{ --- } 0,63 \text{ cm} < 1,62 \text{ cm}$
4. Settlement pondasi group tiang pancang akibat beban luar; Settlement group tiang akibat beban lebih kecil dari Settlement ijin group tiang;
 $S_G < S_{all G} \text{ ---- } 2,66 \text{ cm} < 6,81 \text{ cm}$
5. Settlement group tiang akibat beban luar
 $S_G = S (b'/B)^{0,5}$
 $b' = 7\text{m} \approx 275,6 \text{ inc}$
 $B = 0.40 \text{ m} = 15,748 \text{ inc}$
serta $S = 0,25 \text{ inc}$

maka settlement group tiang;

$$S_G = S (b'/B)^{0,5}$$

$$= 0,25 (275,6 / 15,748)^{0,5}$$

$$= 1,046 \text{ inc} \approx 2,66 \text{ cm}$$

Pondasi Bor, $SF = 3$

1. Daya dukung ijin pondasi tiang bor tunggal lebih besar dari beban rencana:
 $Q_{all} > N \text{ ---- } 71 \text{ Ton} > 31,273 \text{ Ton}$
2. Daya dukung ijin group pondasi tiang bor lebih besar dari beban luar group:
 $Q_{all G} > 3N \text{ --- } 705.4 \text{ Ton} > 93,82 \text{ Ton}$
3. Settlement pondasi tiang tunggal bor akibat beban luar lebih kecil dari Settlement ijin pondasi tiang tunggal:
 $S < S_{all} \text{ --- } 0,63 \text{ cm} < 0,94 \text{ cm}$
4. Settlement pondasi group tiang bor akibat beban luar; Settlement group tiang akibat beban lebih besar dari Settlement ijin group tiang:
 $S_G < S_{all G} \text{ ---- } 2,66 \text{ cm} < 3,92 \text{ cm}$

Daya dukung pondasi serta settlement akibat beban rencana memenuhi factor keamanan yang disyaratkan.

B. Saran

Analisa daya dukung tanah atau daya dukung pondasi serta settlement yang akan terjadi akibat beban rencana banyak metode yang bisa digunakan baik formula empiris maupun analitis tentang daya dukung pondasi serta pengambilan data parameter tanah sebagai data untuk dikaji menggunakan metode yang berbeda.

Metode analisa daya dukung pondasi antara lain;

1. Static Analysis by utilizing soil strength.
2. Emperical analysis by utilizing standard field test;
 - A. Standard penetration test value.
 - B. Cone penetration value.
 - C. Pressuremeter tests.
3. Dynamic driving resistance;
 - A. By pile driving formulas.
 - B. By wave equation.
4. Full-scale pile load tests.

Dari beberapa metode yang digunakan tentunya akan memberikan nilai yang berbeda, selama formula serta metodenya benar dengan factor keamanan memenuhi syarat hal ini dapat digunakan sebagai rujukan untuk design.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Berry Peter L (1987), An introduction TO Soil Mechanic, Mc Graw – Hill Book Company England.
- [2] Bowles, Joseph (1984) E. Foundation, Mc Graw – Hill, Inc.

- [3] Bowles, Joseph E. (1984) Physical And Geotechnical Propertises Of Soils, Mc Graw – Hill, Inc.
- [4] Das, Braja M. (1985) Principles Of Geotechnical Engineering, Hemisphere Publishing Cooperation.
- [5] Nasution Sarifudin.M.Eng, Ir., (1990) Stabilitas Tanah, ITB.
- [6] Prakash (1987), Pile Foundation Engineering, London.
- [7] Sutarman, Encu (2006), Pengaruh Adittive Kimia Terhadap Kuat Geser Tanah, ITB.
- [8] Sutarman, Encu (2003). Konsep Dan Aplikasi Mekanika Tanah, Penerbit Andi, Jogjakarta.
- [9] Sutarman, Encu (2013). Konsep Dan Aplikasi Pengantar Teknik Sipil, Penerbit Andi, Jogjakarta.
- [10] Sutarman, Encu (2017), Settlement Khas Beberapa Jenis Tanah, Jurnal Istek, Kajian Islam, Sains dan Teknologi, Fakultas Sainstek UIN SGD Bandung, Edisi Mei 2017 Volume X No 1.